

報 文

キマメ根の締め固め土層中への貫入伸長

松元 順\*<sup>1</sup>・久保田 徹\*<sup>2</sup>・加藤 英孝\*<sup>2</sup>  
 遅沢 省子\*<sup>2</sup>・有原 丈二\*<sup>3</sup>・阿江 教治\*<sup>2</sup>

Penetration of Pigeon Pea Roots into Compacted Soil

Jun MATSUMOTO\*<sup>1</sup>, Toru KUBOTA\*<sup>2</sup>, Hidetaka KATOU\*<sup>2</sup>

Seiko OSOZAWA\*<sup>2</sup>, Jouji ARIHARA\*<sup>3</sup> and Noriharu AE\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup>Kagoshima Tea Experiment Station

\*<sup>2</sup>National Institute of Agro-Environmental Sciences

\*<sup>3</sup>Hokkaido National Agricultural Experiment Station

Summary

The ability of roots to penetrate into consolidated subsoil was examined by the field and pot experiments using various kind of tropical leguminous plants. The results revealed that Pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) was the most penetrative and effective in improving the compacted subsoil. Its characteristics are summarized as follows:

- 1) The growth rate of Pigeon pea was so high, and the roots could penetrate deeply into compacted soil within such a short period of 3 months.
- 2) For a physically inadequate soil with the high mechanical impedance and low gas diffusion rate, the root of Pigeon pea could penetrate well as far as the soil was not highly acidic.
- 3) It was expected that the biopores in soil produced by the decomposition of roots would improve the drainage of soil.
- 4) Dry weight of the plant top of Pigeon pea was estimated as much as 10 t/ha, which carbon-nitrogen ratio was 24 or so, making it possible to utilize as a green manure.

Key words : plant roots, Pigeon pea, tubular pores, consolidated soil, improving in drainage

(Soil Phys. Cond. Plant Growth, Jpn., 64, 3-9, 1992)

I. ま え が き

土壌が圧密化すると、硬度が高まり、ガス拡散が悪くなるなどして作物根の生育が阻害される<sup>1)2)</sup>。これを改良するには深耕や土壌改良資材の施用などが行われるが、茶、果樹等の永年生作物では断根による貯蔵養分の損失が大きいので<sup>3)</sup>、これを避ける方法が望まれる。また、一

般に農耕地の圧密土層の物理性改良は専ら農業機械に依存してきたが、省エネルギー等の観点からも機械に代わり得る技術の開発が望まれている。

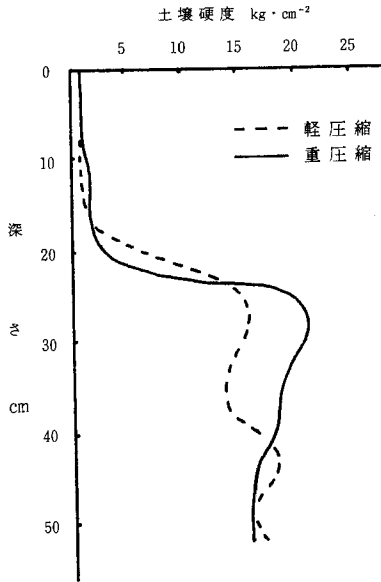
Elkins ら<sup>4)</sup>は、パヒアグラス (*Paspalum notatum* Flugge) の根はよく圧密土層を貫通し、下層土の物理性を改良するために後作の綿の生育収量に対し著しい効果をもつことを認め、“Plant Roots as Tillage Tools” という表現で、植物根機能活用の重要性を提示している。また、ブラジルではムクナが下層土からの養水分の循環利用に適するとの観察事例<sup>5)</sup>がある。最近、著者らのうち有原と阿江は国際半乾燥熱帯作物研究所 (ICRISAT) で畑作研究に従事するなかで、インドの畑作地帯で栽培さ

\*<sup>1</sup>鹿児島県茶業試験場 〒879-03 鹿児島県川辺郡知覧町永里3964番地

\*<sup>2</sup>農業環境技術研究所

\*<sup>3</sup>北海道農業試験場

キーワード：植物根、キマメ、管状孔隙、圧密土層、透水性改良



図一 1 土壌圧縮処理と土壌硬度 (1987. 5. 27貫入式硬度計)

れているキマメ (*Cajanus cajan* L.) の根が緻密な土層までよく貫入することを知った。

このように、特定の植物の栽培によって圧密土層を改良する可能性があると考え、数種の熱帯マメ科作物について、圃場試験・ポット試験等により比較調査したところ、キマメが有望であることを認めたので報告する。

## II. 方 法

### 1. 熱帯マメ科作物根の締め固め土層中への貫入 (圃場試験)

淡色クロボク土の圃場(つくば市農業環境技術研究所)に大型トラクタ (60 HP, 重量 2 t) により締め固め土層を深さ 20~40cm に造成した。すなわち、はじめに厚さ約 15cm の表土を排土したところに熔りん 200kg/10 a をロータリ耕により約 20cm の深さまで混和した。次に、大型トラクタを走行させ、タイヤの踏圧で圧密土層を造った後、処理土層の上に除去した表土を均一に盛った。

タイヤ踏圧処理は 4 回の重圧縮と 1 回の軽圧縮を設けた。このとき、下層土も含めて土壌の物理性を測定した。表土扱いは水準測量により丁寧に行った。各処理区は 4 m×12m を 2 連で設け、畝間 1 m として分割して供試作物の栽培に供した。造成圃場の深さ別の硬度分布は図 1 の通りであった。

1987年 5月27日に、表 1 に掲げる 7 種の熱帯マメ科作

表一 1 供試熱帯マメ科作物

和名	学名	原産地
黒ムクナ	<i>Stilozobium aterrimum</i> L.	ブラジル
1年生ムクナ	" <i>deeringium</i> L.	"
灰色ムクナ	" <i>cinereus</i> L.	"
縞ムクナ	"	"
白ルーピン	<i>Lupinus hartwegii</i> L.	"
キマメ	<i>Cajanus cajan</i> L.	インド (ICRISAT ICPL 87)
ツルアズキ	<i>Phaseolus pubescens</i> L.	タイ

物を株間 50cm の間隔で播種した。比較のためダイズ (エンレイ) とトウモロコシ (ハニーバングム) を各 15cm, 30cm 間隔で播種した。出芽 2~3 週間後に 1~2 本立てに間引きした。

9 月中旬に以下の方法で根系観察を行った。すなわち、圃場で調査個体の株の中心から約 5 cm の位置に垂直の土層断面を作った後、株直下面までの幅 5 cm の土層中の土壌をへらや針金を用いて根から丁寧に分離除去し、浮かび出た根の分布状況を観察した。(以後、この方法を野外根系観察法と言う。)キマメについてはさらに、株を中心に 50cm×50cm の面積につき、層位別に根を掘り出して、新鮮物重、容積 (水置換法) および根長を測定した。根長は、直径 2 mm 以上の根はものさしで、2 mm 以下の根はルート・レンジス・スキャナー (コモエア社) を用いて RICHARDS らの方法<sup>6)</sup> に準じて測定した。根量調査と同時に地上部についても乾物重を測定し、NC アナライザー (スミグラフ NC 80) により炭素含量、窒素含量を求めた。

### 2. キマメ貫入根の機能評価 (穿孔実験)

キマメ根が圧密土層を伸長し root channel をつくった場合の効果の大きさを知るために根量調査の結果に基づき穿孔実験を行った。穿孔は直径 1 mm の根が 0.04% の占有容積をもって 5 cm 厚の圧密土層を垂直に伸長した場合を想定した。すなわち、100ml 容円筒 (20cm<sup>2</sup>×5 cm) に圧縮土壌を採取し、直径 1 mm の針金を圧入させて円筒あたり 1 本の穿孔を行い、ガス拡散係数と飽和透水係数を測定した。

### 3. 未攪乱円筒試料に対する根の貫入 (幼植物試験)

南九州に分布する火山性下層土壌 (表 2) を 100ml 容未攪乱円筒試料として採取した。その上部に肥料を混和した厚さ 2.5cm の播種床土壌をのせてキマメを播種した。室内にて発芽後、pF 1.5 砂柱上に移し、温度 27℃, 相対湿度 70% のグロースチャンパー内にて生育させ、第 4 葉展開期にあたる発芽 2 週間後にコア底面への根の到達程度を観察後、下層土の円筒試料へ貫入した根の長さと同新鮮物重を測定した。試験は 1 円筒あたり 3 本植えを 3 反復で行った。

表一 2 南九州の火山性下層土壌の採取地

土 壤	採 取 地	地 目	採取深さ (cm)
クロボク	鹿児島県川辺郡知覧町	樹園地(茶)	30~40
クロニガ	" 肝属郡串良町	普通畑	40~50
アカホヤ	" 日置郡伊集院町	樹園地(茶)	45~55
シラス	" 垂水市	普通畑	40~50

4. 茶園におけるキマメのうね間栽培

図2に示すように1m土層内に下方よりクロニガ、コラ、クロボク土が累積的に堆積している火山灰土壌(鹿児島県茶業試験場圃場)の茶園のうね間に、上述の7種の熱帯マメ科作物を栽培した。供試圃場は下層土の緻密化によって茶根の下層への伸長が阻害されている圃場である。播種1ヶ月前に1.8mうね幅の中央60cm幅に、石灰200kg/10a、熔りん230kg/10aを施用してロータリ耕で深さ15cmまで耕起した。

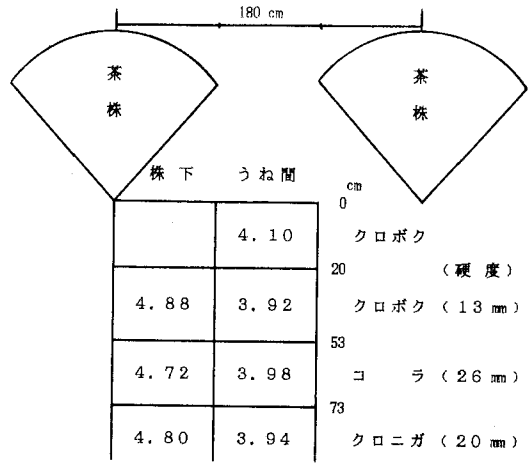
1987年5月19日に播種し、無肥料栽培とし、12月14日に野外根系観察法により根を観察した。

1988年9月12日には、コラ層内に貫入した根の腐朽程度を観察した。

II. 結果と考察

1. 各種作物の根の造成圧縮土層への貫入伸長の観察

作物栽培試験に供試したクロボク土圃場の締め固め処理を施した作土直下土層について土壌の物理性を調べると、表3に示すように、トラクタ処理によってほぼ20~40cmの深さに明瞭に締め固め層ができていた。締め固め土壌は軽圧縮、重圧縮ともガス拡散相対係数比はpF 3.0の低水分において作物根伸長の限界とみなされる0.02に<sup>7)</sup>達せず、深さ約40~60cmの下層土より明らかにガス交換能が劣った。また、その土壌硬度はpFの上昇に伴い著し



図一 2 成木茶園土壌の pH 分布

く高まり、軽圧縮で pF 2.5、重圧縮では pF 1.8以上の水分域において根の伸長を阻害すると見なされる12kg/cm<sup>2</sup>を<sup>7)</sup>越える硬度を示した。

このように、供試圃場の作土直下には一般の畑作物に対して根の伸長を抑制すると思われる堅密土層が造成されていた。

この圃場に熱帯性の各種マメ科作物、トウモロコシおよびダイズを播種したところ、タイから入手したツルアズキは全く発芽せず、またブラジルからの白ルーピンは発芽後まもなく生育が停止したが、他の作物は順調に生育した。

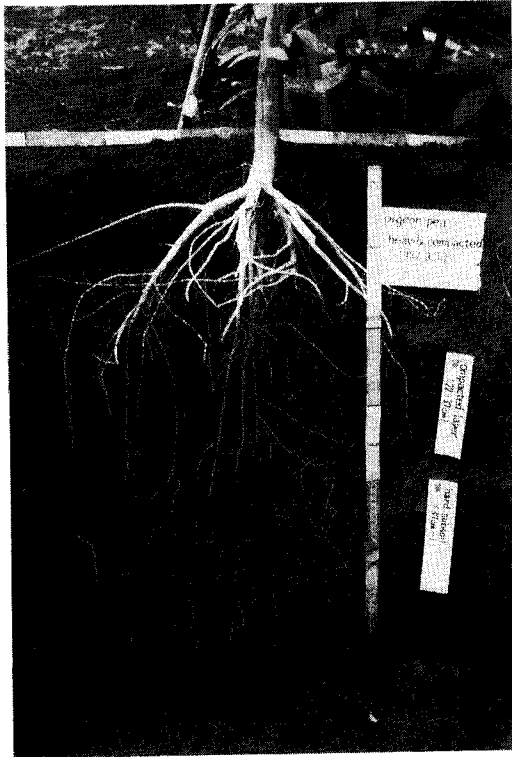
出芽約100日後に、野外根系観察法により締め固め土層中に存在する根の分布状態を観察した。ダイズとトウモロコシの根は締め固め土層中にほとんど貫入していなかった。また、4種のムクナも主根のみは貫入していたものの、分岐根は概して締め固め土層上部に水平に伸長し

表一 3 締め固め土層および下層土壌の物理性

土 壤	深 さ cm	仮比重 g cm <sup>-3</sup>	真比重 g cm <sup>-3</sup>	飽和透水係数 cm s <sup>-1</sup>	pF—体積水分率 (%)								
					0	1.0	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.6	4.2
軽圧縮土	22~38	0.834	2.65	1.12×10 <sup>-5</sup>	68.5	62.1	62.3	61.6	59.9	55.8	52.7	47.7	42.6
重圧縮土	23~38	0.867	2.64	4.09×10 <sup>-6</sup>	67.2	62.1	62.2	62.5	62.4	56.4	52.6	49.2	43.3
下層土	39~58	0.524	2.74	8.14×10 <sup>-4</sup>	80.9	72.7	69.9	66.8	65.4	62.0	59.9	57.4	54.0

土 壤	深 さ cm	pF—土壌硬度 (kg cm <sup>-2</sup> )						pF—ガス拡散相対係数比 (D/Do)						
		1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.6	4.2	1.0	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0
軽圧縮土	22~38	8.16	8.90	9.93	13.98	16.68	21.50	27.91	0.001	0.001	0.001	0.002	0.009	0.017
重圧縮土	23~38	10.50	13.94	13.64	17.30	21.56	24.76	38.24	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.013
下層土	38~58	14.97	15.60	15.66	16.60	16.65	19.04	19.54	0.001	0.006	0.014	0.019	0.031	0.042



写真—1 キマメ根の締め固め土層中への貫入伸長 (重圧縮区)

ていた。これらに対して、キマメでは主根はほぼ垂直に、分岐根は放射状に締め固め土層を貫き、下層へよく伸長し、一部は1m以下にまで達していた(写真1)。締め固め土層に貫入している分岐根は直径1~2mm程度のものが多かった。このように、キマメが最も圧密層を貫くことができた。

表—5 締め固め土層中のキマメ根

土壌処理	項目	$\phi > 1 \text{ mm}$	$\phi < 1 \text{ mm}$	全根
軽圧縮	新鮮物重(g)	5.57	7.40	12.97
	根長(m)	1.7	37.2	38.9
	平均 $\phi$ (mm)	2.04	0.50	0.65
	占有容積(%)	0.013	0.017	0.031
重圧縮	新鮮物重(g)	4.37	10.42	14.79
	根長(m)	1.6	42.2	43.8
	平均 $\phi$ (mm)	1.87	0.56	0.66
	占有容積(%)	0.011	0.026	0.037

キマメについては根系調査を行い、根量、根長を表4に示した。締め固め土層中の根量は圧縮により少なくなっているものの、層厚約20cmの締め固め土層直下層に存在する根は層厚同じく約20cmの締め固め土層中に存在する根と同程度の根占有容積と根長を有することが認められ、キマメ根が圧密土層を貫通して下層へよく伸長していることが明らかであった。

次に、締め固め土層中の根を直径1mm以上と以下の画分に分けて、各画分の平均直径を根長と根容積の実測値から算出した(表5)。1mm以上の根の占有容積率は0.013~0.011%、1mm以下の根のそれは0.017~0.026%であり、軽圧縮と重圧縮とでは後者がやや細根化する傾向が認められたものの差は小さかった。締め固め土層中の全根の平均の直径は0.65mm、占有容積率は0.03~0.04%であった。

キマメの生育量および炭素率を抜き取り調査で調べた結果(表6)、約4カ月の栽培で地上部は樹高1.5mほどに紡錘状の草形で生育しており、10aあたり580kg~1,120kgの地上部乾物生産量が得られ、その炭素率は24.2であった。生育速度が速いこと、炭素率が低いことから緑肥としての利用が可能と推察した。

表—4 キマメ根の分布

土壌処理	層位	cm	新鮮物重 g	容積 cm <sup>3</sup>	占有容積 %	根長 m
非圧縮	作土層	0~20	158.8	146	0.292	81
	作土層下部	~47	57.3	55	0.081	182
	下層	~62	7.8	8	0.021	43
軽圧縮	作土層	0~21	110.9	102	0.195	42
	締め固め土層	~38	13.0	13	0.031	39
	下層	~58	14.7	15	0.030	65
重圧縮	作土層	0~22	138.0	127	0.231	139
	締め固め土層	~38	14.8	14	0.036	44
	下層	~58	14.9	15	0.030	56

表—6 キマメ生育量

部 位	土壌処理	乾 物 重		炭 素		窒 素		炭素率 %
		g/2本	kg/10a	%	kg/10a	%	kg/10a	
地上部	非圧縮	512	1,024	47.7	488	1.97	20	24.2
	軽圧縮	562	1,124		536		22	
	重圧縮	294	588		280		12	
地下部	非圧縮	84	168	47.5	80	1.11	2	42.8
	軽圧縮	72	144		68		2	
	重圧縮	52	104		49		1	

キマメの根の炭素率は42.8であった。炭素率32~70のイタリアンライグラスの根が通常土壌中でよく分解する<sup>9)</sup>ことから、キマメの根は炭素率に関する限り枯死後比較的速やかな分解（おそらく1年以内）が期待できる。上記の根系分布によりつくられた圧密土層中の連続した孔隙は排水など物質移動に大きな影響を持つことができるであろう。ただし、ガス交換不良の圧密土層中での分解速度がどの程度かは今後検討を要する。

## 2. キマメ貫入根の穿孔の機能

穿孔実験の結果を表7に示した。穿孔処理により、pF 1.8におけるガス拡散相対係数比には変化が見られなかったが、飽和透水係数は無穿孔土の $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{cm s}^{-1}$ から $10^{-3} \text{cm s}^{-1}$ へと著しく高まった。このガスと水に対する効果の差異は、ガス拡散係数が気相率に、一方飽和透水係数は孔隙径分布に支配されることを反映していると理解された。穿孔実験の結果はキマメ栽培により圧密土層の排水不良を改良できることを示唆している。

## 3. 未攪乱円筒土壌に対するキマメ根の貫入

南九州に分布する火山噴出物起源の土壌について圧密等により作物生産を阻害している下層土を未攪乱のまま円筒に採取し、それにキマメ幼植物を生育させて根の貫入を観察した。供試土壌の物理性（表8）は、クロニガとシラスでは低pF域におけるガス交換能が低く、また、クロニガは低pF域において土壌硬度の高いことが特徴であった。アカホヤは粗孔隙、有効水保持孔隙に富み、

表—7 穿孔と透水性およびガス拡散速度

試 料	飽和透水係数 $\text{cm s}^{-1}$	pF 1.8ガス拡散 相対係数比(D/D <sub>0</sub> )
軽圧縮土	無穿孔	$1.12 \times 10^{-5}$
	穿孔	$7.49 \times 10^{-3}$
重圧縮土	無穿孔	$4.09 \times 10^{-6}$
	穿孔	$4.52 \times 10^{-3}$

ガス交換、土壌硬度の物理性も良好であったが、酸性が強く、養分が乏しいなど化学性が不良な土壌であった。

キマメ根の各土層への貫入程度は表9に示す通りであり、クロニガとシラスに対しては根はよく貫入伸長していた。一方、アカホヤに対しては根の貫入はほとんど認められず、根は播種床土壌にのみ集中していた。また、クロボクに対してはキマメ根はかなりの程度に一旦貫入はしたものの、貫入伸長した根は褐変死していた。クロボクでは金属円筒の下部接地面の砂柱砂が特徴的に青緑色に着色されているのが観察され、土壌の強酸性によって円筒の金属材料が徐々に溶けて根に害作用を及ぼしたのではないかと思われた。

## 4. 茶園におけるキマメのうね間栽培

供試した熱帯マメ科作物のうち、順調に生育したのは、黒ムクナ、灰色ムクナとキマメであった。

ムクナ2種の根は下層へ伸長する根はほとんどなく、表層の深さ10cm程度を横方向に伸長していた。

キマメの根はうね間中央では深さ30cm程度で伸長は停止し、うね間両側にある茶樹の株下方向へ伸長していた。うね間中央部の土壌反応がpH 3.9であるのに比べてpH

表—9 キマメ幼植物根の下層土壌への貫入

土 壌	貫 通 程 度	根 長 cm	新 鮮 物 重 g	
			播種床土壌	未攪乱下層土壌
クロボク	0	5.5±1.88	0.23±0.054	0.05±0.015 (0.24±0.068)
クロニガ	2.3	11.7±2.18	0.16±0.034	0.18±0.033
アカホヤ	0	5.0±0.74	0.36±0.038	0.01±0.002
シラス	1.7	8.5±2.64	0.22±0.074	0.19±0.086

(備 考)

1 3本/コア…3反復平均

2 貫 通 程 度…コア底面への到達程度評点  
(0:なし, 1:有り, 2:多い, 3:密)

3 かっこ内…褐変根重

表一 8 南九州に分布する火山性土壌下層土 (供試土壌) の物理性

土 壤	仮比重 g cm <sup>-3</sup>	真比重 g cm <sup>-3</sup>	飽和透水係数 cm s <sup>-1</sup>	pF-体積水分率 (%)									風乾
				0	1.0	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.6		
クロボク	0.696	2.40	3.54×10 <sup>-3</sup>	71.0	64.5	54.1	48.1	45.4	38.0	34.7	24.3	5.6	
クロニガ	0.494	2.37	1.34×10 <sup>-4</sup>	79.2	73.4	72.6	70.4	69.5	65.9	62.4	56.0	8.8	
アカホヤ	0.630	2.57	3.40×10 <sup>-3</sup>	75.5	62.7	57.6	54.4	49.2	46.2	40.3	36.5	6.3	
シラス	0.946	2.47	2.80×10 <sup>-4</sup>	61.7	52.4	47.5	45.8	37.8	25.2	17.4	12.4	2.1	

土 壤	pF-土壌硬度 (kg cm <sup>-2</sup> )						pF-ガス拡散相対係数比 (D/Do)						pH (H <sub>2</sub> O)
	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.6	1.0	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	
クロボク	3.53	3.64	5.12	7.62	9.62	8.43	0.001	0.011	0.030	0.031	0.093	0.099	4.25
クロニガ	13.99	11.08	12.00	11.22	12.52	13.59	0.003	0.007	0.011	0.011	0.019	0.028	5.27
アカホヤ	7.49	7.44	8.55	8.95	11.44	11.79	0.005	0.020	0.033	0.055	0.083	0.086	4.45
シラス	6.11	7.60	9.42	13.62	19.29	17.63	0.003	0.005	0.017	0.025	0.075	0.092	5.68

4.8と幾分高い土壌 pH を呈する株下部位では、キマメ根は下層までよく伸長し、山中式硬度計で26mmの硬度を示す深さ53~73cmのコラ層を貫通して深さ1 mまで達していた (図2, 写真2)。

コラ層内に貫入したキマメ根について枯死ほぼ9か月経過後に観察した結果、下層部の圧密土層中においても大部分の根が表皮を残して腐朽し、直径1~2 mm程度の孔隙ができていたのが確認された。

#### IV. 総合考察

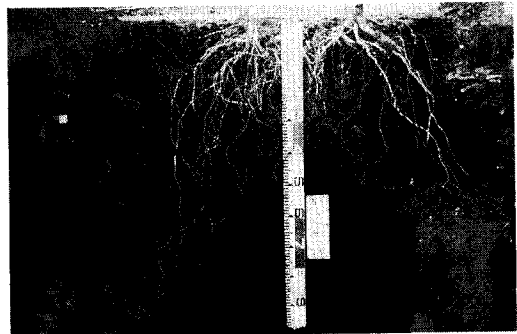
上記3つの栽培試験によって、キマメは根を圧密土層中によく貫入伸長させる特性を持つ事が明らかにされた。

一般に畑作物の根が圧密土層によって阻害される原因として、土壌硬度と酸素不足 (土壌の還元化で発生する毒性物質による害作用も含む) がある。高い土壌硬度に抗して根が貫入できる能力が何に起因するかは興味ある問題である。キマメの根がある種の有機化合物を分泌し、特異的に土壌中の鉄型りん酸を溶解してりんを吸収することが明らかにされている<sup>9)</sup>が、このような物質の作用で酸化鉄等土壌構成成分を溶解して穿孔をするのか、あるいは高い根圧を生じうる特性を有するののかについては明らかではない。酸素不足にかかわる事項として、本圃場試験の根系調査において、圧密土層中にあるキマメの根には根瘤がよく着生していることが観察された。ダイズでは根瘤は作土上部にある分枝根の付け根等酸素供給の良好と見られる部位によく着生しているのに対して、キマメのそれは特異な現象と思われた。

根の生育は土壌の化学性によっても影響されるが、キマメの根はこの性質においても特異的であった。すなわ

ち、茶園土壌のような強酸性の土壌においても生育伸長をした。しかし、pH 3.9の部位よりも pH 4.8の部位に根が偏在していたように、著しい酸性下では伸長が妨げられるといえるであろう。幼植物試験において、とくにアカホヤ土壌には全く貫入できないことが観察されたが、この理由としてはアカホヤ土壌が強酸性・貧栄養であることに加えて扁平ガラスに富む<sup>10)</sup>ために機械的に根の貫入を妨げる構造をもっていることも一因に考えられた。

バヒアグラスの根が耕盤に貫入して土壌の通気性と透水性が改良されたのは、直径1~2 mmの root channel が下層まで連結したためとしている<sup>9)</sup>。キマメの根もほぼ枯死1年経過後には分解して管状孔隙を残し、これが土層内物質移動に影響を及ぼすと考えられる。締め固め土壌に対する穿孔実験で、土層中にキマメの root channel を模してつくった管状孔隙は顕著に飽和透水性を増大させた。このことから、キマメの栽培は表面停滞水の排水に十分機能すると思われ、今後圃場での実証試験が望まれ



写真一 2 キマメ根の茶園下層土壌への伸長

る。

キマメは緑肥としての利用も期待でき、また、樹形が紡錘型であるので、茶、桑、果樹等樹園地でうね間や樹間に栽培することも可能と思われ、土壌改良の適用場面は広いと思われた。

## V. 摘 要

植物根機能を利用して圧密下層土の物理性の改良を図るため、数種の熱帯マメ科作物を用いて、圃場試験および幼植物ポット試験を行い、その適性を調べた。その結果、インド産のキマメ (*Cajanus cajan* L.) の根が圧密土層中をよく貫入することが認められ、下層土物理性改良植物としての利用が期待できた。

キマメの特性は以下の通りである。

- 1) 生育速度が速く、夏期の3カ月程度の栽培で根は締め固め下層土を貫通した。
- 2) 土壌硬度が高く、ガス拡散能の低い、物理的的不良土壌に対して根はよく貫入伸長したが、強酸性土壌に対する貫入能は小さかった。
- 3) 貫入根が速やかに(1~2年程度で)分解するならば、分解後に出来た管状孔隙は停滞水の排水等に十分機能すると予測される。
- 4) 炭素率が地上部24、地下部42と低いので緑肥作物としての利用ができる。

## 謝 辞

農業研究センター土壌肥料部堀 兼明主任研究官には、ルートスキャナー測定法のご指導を頂いた。謝意を表す。

## 引用文献

- 1) LETEY, J. (1985): Relationship between Soil

physical Properties and Crop Production, *Advance in Soil Science 1*, Springer-Verlag, 227-294.

- 2) TAYLOR, H. M. (1974): Root Behavior as Affected by Soil Structure and Strength, E. W. CARSON, Ed. *The Plant Root and Its Environment*, Univ. Press of Virginia, 271-291.
- 3) 山下正隆(1985): 断根後の根の再生と白色根の機能, 日作紀, **54**, 337-345.
- 4) ELKINS, C. B., R. L. HAALAND, and C. S. HOVELAND (1977): Grass Root as a Tool for Penetrating Soil Hardpans and Increasing Crop Yields, *The 34 th Southern Pasture and Forage Crop Improvement Conference*, Auburn University, Alabama, 12-14
- 5) 宮坂四郎 (1986): ブラジルの緑肥について, 熱帯農業, **30** (1), 41-49.
- 6) RICHARDS, D., F. H. OUVLAN, G. N. GARWOLY, and M. N. DALY (1979): A machine for Determining Root Length, *Plant Soil*, **52**, 69-76.
- 7) 遅沢省子・小財 伸・久保田徹 (1990): 「根生育非制限有効水分域」による熊本主要畑土壌の物理的評価, 土壌の物理性, **60**, 6-14.
- 8) 久保田徹・鈴木新一 (1966): イタリアンライグラスの三要素施用量とあつ作水稻生育との関連性, 四国農試報告, **14**, 117-134.
- 9) AE, N., J. ARIHARA., K. OKADA., T. YOSHIMURA., and C. JOHANSEN., (1990): Phosphorus Uptake by Pigeon Pea and Its Role in Cropping Systems of the Indian Subcontinent, *Science*, **248**, 477-480.
- 10) 長友由隆・庄子貞雄・小林進介・増井淳一 (1976): 南九州の各種火山灰層の強磁性鉱物の化学組成について, 土肥誌, **47**, 25-32.

(受理年月日1991年1月1日)